МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.762

Б.Ч.МЕСХИ, А.В.ЛЮЛЬКО, М.П.ДРЯГИНА, А.В.ТРИФОНОВ

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Раскрыта концепция проектирования и рациональной организации производства материалов и изделий из порошковых композиций оригинальных составов типа «Fe-P», «Fe-Sn-P», «Fe-Si-P» (где P=1,0-3,0%, Sn=1,5-2,0%, Si=1,0-3,5%, остальное – железо). Проанализированы конструкторско-технологические и экологические аспекты подготовки и реализации такого производства на примере изготовления электротехнических функциональных изделий – ротора и статора элетродвигателя – с учетом функций производственного персонала и экологических требований.
Ключевые слова: *порошковые композиты, конструирование изделий, экологические преимущества, электротехнические изделия.*

Введение. Активное развитие и становление на промышленную основу какой-либо технологии невозможно без постоянного мониторинга ее функционирования. В этом аспекте эффективное использование технологии порошковой металлургии и композиционных материалов, оказавшимися наиболее близкими к созданию и реализации, в том числе и наноструктурированных материалов, а также накопленный огромный «банк» данных по свойствам разнообразных металлокомпозитов и изделий ставят задачу обобщения полученных знаний и их адаптивное использование при проектировании, прогнозировании, диагностике и тестировании этапов предподготовки и реализации многозвенного, технологически, экономически и экологически непростого процесса [1-3].

Основным преимуществом технологии порошковых композитов является высокое материалосбережение, характеризующееся коэффициентом использования материала на уровне 96 %, хотя нет особых ограничений для подъёма этого показателя до 99,9 % и создания практически безотходного, экологически безопасного производства.

Именно с этой точки зрения проанализируем постановку на производство и рациональную организацию с конструкторско-технологической и экологической точек зрения, хотя бы по отдельным аспектам, производство цельнопрессованных объемных элементов из композиционных магнитно-мягких материалов взамен вырубных из электротехнической стали (коэффициент использования материала едва ли 50%), свариваемых или клепаных в пакетную конструкцию, пропитываемую лаком-изолятором.

Состояние вопроса. Из анализа применимости хорошо видно, что электроагрегаты промышленного и бытового назначения различных типов (электродвигатели приводов машин, персональный компьютер в сборе, домашняя техника– электроинструменты, пылесосы, миксеры, фены, детские игрушки с электроприводом и т.п.) прочно вошли в повседневную жизнеде-

ятельность. От обилия в быту и на производстве различного электрооборудования и его некоторого избытка с закономерными негативными последствиями (тепло-, магнито- радиоизлучение, шум, вибрации, пыль, дискомфорт от длительного пребывания) время от времени появляется необходимость решения экологических вопросов, связанных как с безопасными условиями их эксплуатации и защитой от перечисленного воздействия, так и утилизации (рециклингом) их элементов по мере их ремонта и замены.

Микроэлектродвигатели малой мощности (несколько десятков ватт) для электронно-вычислительной техники (исполнительные приводы принтеров, драйверов, вентиляторы, кулеры плат и радиаторов) и бытовых электроагрегатов (миксеры, блендеры, кофемолки, фены, компактные электроинструменты на автономном питании и др.) занимают огромную нишу электромашиностроения и приборостроения. Сюда же можно отнести и современные электроагрегаты малой мощности для работы в автомобилях (стеклоподъёмники, электробензонанасосы, электрогенераторы и др.), которые постоянно совершенствуются в направлении их миниатюризации и повышении надежности.

Прогрессивной тенденцией в настоящее время является использование в конструкциях такого электрооборудования элементов из порошковых композиций, экологические аспекты их применения выглядят достаточно привлекательно и перспективно [4]. Приведем оригинальные составы, конструкции и свойства композитов: слоистые и цельнопрессованные металлокомпозиты на основе спеченного порошкового железа систем «Fe-P», «Fe-Sn-P», «Fe-Si-P» (где P=1,0-3,0%, Sn=1,5-2,0%, Si=1,0-3,5%, остальное – железо), комбинированные конструкции «металл-пластик» и др. вместо пакетированных из дорогой электротехнической стали [5,6]. Такими элементами являются, например, С-образные полюсные наконечники, Ш-П-Г-Т-О-I-образные сердечники дросселей, соленоидов и трансформаторов. Электроагрегаты с цельнопрессованными или наборными из двух-трех заготовок порошковыми элементами обладают повышенной надежностью благодаря упрощению конструкции. Практика показывает, что такие конструкции наиболее технологичны в случае использования технологии порошковых композитов типа *SMC Technology* (<Soft Magnetic Composite>) [4], основу которой составляет традиционная технология прессования-спекания (400-700МПа; 1100°С; один час) или теплое прессование композиции с пластификатором до плотности 7,0-7,2 г/см^3.

Этапы проектирования и реализации. Сотрудниками Донского государственного технического университета (ДГТУ) с партнерами накоплен достаточный опыт в проектировании, создании и диагностике подобных материалов, конструировании и производстве отдельных элементов и конструкции в целом [1,2,5-8,9], позволяющих указать достигнутые преимущества и перспективы расширенного использования, в том числе материалов нового поколения с наноразмерными и наноструктурными составляющими [10]. В этом смысле технология порошковой металлургии, её классическое преимущество в необходимом заданном композиционировании материалов, материало- и энергосбережении рационально сочетается с экологическими требованиями производства и безопасностью эксплуатации и утилизации.

Это предполагает возможность исключения из технологии и проведения рационализации конструкторско-технологического цикла, а именно:

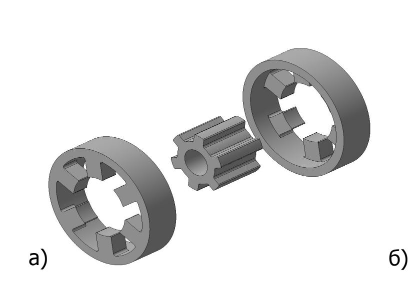
- заменить вырубку (раскрой) фасонных тонколистовых элементов статора или ротора электродвигателя, сердечника трансформатора из полосовых или листовых заготовок на формование (прессование объёмной заготовки – цилиндра, призматической заготовки нужного профиля; экструзия или инжекционное формование стержневой заготовки) из металлокомпозита соответствующего состава (чаще на основе экологически безопасного железного порошка) с соответствующей значительной (40-60%) экономией дорогого дефицитного электротехнического материала;

- устранить сварку или клепку тонколистовых заготовок в пакет как экологически не безопасных операций;

- исключить пропитку собранного пакета химически активными и вредными лаками (с соответствующими органическими растворителями), а также сушку, очистку, нейтрализацию отходов, тем самым убрав элемент «грязного» производства;

- уменьшить механическую обработку (растачивание центрального отверстия в статоре, фрезерование центрирующего паза, сверление балансировочных отверстий и углублений) собранного пакета с соответствующим уменьшением отходов в виде стружки и смазочно-охлаждающей жидкости;

- применить новый рациональный дизайн электроагрегатов: например, возможна компоновка вентильно-индукторного привода (ВИП) с двумя порошковыми магнитопроводами уменьшенной массы (на 15-20% каждый). На одном из них, обычно на неподвижном (статоре), располагается обмотка сосредоточенного типа (как в трансформаторе или обмотке возбуждения машины постоянного тока) (рис.1,б), а ротор является безобмоточным, порошковым из металлокомпозита (рис.2), с низкой стоимостью производства, экономией электротехнических материалов (стали-железа и меди);



а)



б)

Рис.1.3D-дизайн конструкции элементов (ротор-статор) электродвигателя (а) и внешний вид прессованного «статора» из порошковой композиции конструкции ДГТУ-РГУПС – ИПМНАНУ г.Киев взамен пакетированного (б)

- максимально удовлетворить экологические требования, параметры производственной безопасности, психолого-физиологические характеристики производственного персонала, а именно:

- организовать «закрытую» (герметичные рукава, экраны, прецизионные сопряжения дозаторов порошков и накопителей гото-

вой продукции) систему подачи и транспортировки порошковых компонентов (железа, меди, графита, присадок), повысив тем самым коэффициент использования материала и сведя практически до нуля его потери, устранить пыление тонких фракций материала (особенно графита) и его воздействие на персонал;



Рис.2. Внешний вид безобмоточного прессованного из порошковой композиции на основе железа «ротора», насаженного на рабочий вал электродвигателя (конструкция ДГТУ-ООО «Сапфир», г.Ростов-н/Д)

- проанализировать и рационализировать эргономику рабочего места персонала (прессовщика, спекальщика, экспедитора);
- рационализировать логистику межоперационных переходов. На основе анализа «графов» перемещений минимизировать все транспортные издержки, заменив традиционный наземный транспорт (электрокары, авто-, мотороллеры) на конвейеры (подвесные, тяговые) и трубопроводный пневмотранспорт.

Необходимо реализовать как важнейший аспект промышленной безопасности – системно-информационный подход, предполагающий разработку полипараметрической методологии исследования физиологических процессов с использованием средств искусственного интеллекта и компьютерной когнитивной графики по методикам: виброизображения, показателя стресса, акмеологической диагностики [7,8], т.е. внедрить систему контроля психофизиологического состояния человека. При этом система может и обязана определить наличие стресса, усталости, а также заметить неадекватность поведения персонала с ответом на вопрос, «устал-не устал».

Возможно также проведение реабилитационных мероприятий персонала, предлагаемых в системе организации производства [9].

Социально важным является также предусмотрение вне зоны производства, т.е. в сфере эксплуатации и использования продукции следующих мероприятий:

- упростить утилизацию объёмных порошковых элементов, сведя её к размолу в порошок или переплавке без необходимости выпаривания (травления) лака, мойки, сушки;

- разработать технологию селективного сбора вторсырья и рециклинга продукции из порошковых и полимерных композитов.

Выводы. Таким образом, совокупность созданных и реализованных конструкторско-технологических и прогнозируемых экологических обстоятельств [1-6,9], а также тот факт, что в Ростовской области находится по существу единственное в стране специализированное производство уникальной продукции – железных порошков разного качества и свойств, а также высокий рациональный фактор «качество/цена» делают предлагаемую технологию композитов экономически, технологически и экологически привлекательной.

Библиографический список

1. Meschi B. et al. Mathematical Model Of Vibrations As An Element Of Regulation Of Ability To Live In PM. Euro-PM-2003. Valensia, Spain. Proc, 2003. Vol.3. – P. 130-133.
2. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник; под ред. Ю.В.Левинского / Б.Н.Бабич, Е.В.Вершинина, В.Г.Люлько, С.С.Набойченко, О.Н.Фомина и др. – М.: Экомет, 2005. – 520 с.
3. Design and Capabilities of PM Components and Materials. Powder metallurgy Training Courses. Aachen, Germany 3-11, Sept, 2005. – 600 p.
4. Soft Magnetic Composite Technology. SMC-Update. Hoganes AB. Sweden. – № 2, 2003. – 8 p. № 1, 2005. – 4 p.
5. Св. № 2005611223 об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ. Проектирование многокомпонентных порошковых материалов по симплекс-диаграммам и оптимизация их свойств / Б.Б.Жмайлов, А.В.Люлько и др. – Бюл. ФИПС, 2005. – №3. – С.109.
6. *Люлько В.Г.* Железо-фосфорные композиционные материалы для изготовления роторов электродвигателей малой мощности / В.Г.Люлько, Г.Г. Даннингер, В.А.Маслюк и др. // Технология … порошковых и композиционных функциональных материалов: сб.тр.науч.-техн.конф. – Ростов н/Д, 2003. – С.38-43.
7. *Носс И.Н.* Акмеологическая диагностика государственных служащих / И.Н.Носс; под ред. А.А.Деркача. – М.: Изд-во МГОУ, 2007.

8. *Носс И.Н.* Введение в технологию психодиагностики / И.Н. Носс. – М.: Изд-во Ин-та психотерапии, 2003.
9. *Месхи Б.Ч.* Разработка принципов компьютерной диагностики психофизиологических состояний человека как метода оценки профессиональной готовности персонала / Б.Ч.Месхи, М.П.Дрягина и др.: сб.мат. Междунар.науч.-техн.конф. «Эффективные техпроцессы». – Ростов н/Д, 2007. – С. 268-273.
10. *Левинский Ю.В.* Внутреннеокисленные и внутреннеазотированные наноматериалы / Ю.В.Левинский. – М.: Экомет, 2007. – 400 с.

Материал поступил в редакцию 04.03.08.

B.C.MESHI, A.V.LYULKO, M.P.DRYAGINA, A.V.TRIFONOV

DESIGN, TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF DESIGNING AND REALIZATION OF TECHNOLOGY MANUFACTURING POWDER COMPOSITIONS MATERIALS AND PRODUCTS

Set of the created design and technology and predicted ecological circumstances, and also the existing and accessible specialized manufacture of unique production – iron powders of different quality and properties, and also high universality and a good adaptability of powder metallurgy technology to application in various areas of technics (technical equipment), the high rational factor « quality/ price » make technology of composites economically, technologically and ecologically attractive.

МЕСХИ Бесарион Чохоевич (р.1959), ректор Донского государственного технического университета (2007), заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», доктор технических наук (2005), профессор. Окончил РИСХМ (1981) по специальности «Сельскохозяйственные машины».
Научные интересы: проблемы экологии и защиты окружающей среды, новые композиционные материалы и технологии.
Автор более 50 научных и методических работ.

ЛЮЛЬКО Артем Валерьевич (р.1977), старший научный сотрудник ДГТУ, руководитель лаборатории (2003) «Порошковая металлургия». Окончил ДГТУ (1999). Действительный член Европейской ассоциации порошковой металлургии (ЕПМА), участник международного (Австрия-Россия-Украина) проекта Евросоюза по порошковым материалам (2004-2007 гг.).
Научные интересы: общая технология порошковой металлургии, моделирование процессов формирования свойств композиционных материалов, в том числе инструментальных покрытий, информационные технологии в технике.
Автор более 30 печатных работ.

ДРЯГИНА Мария Павловна, аспирантка кафедры "Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды». Окончила ДГТУ (2006) по специальности «Профессиональное обучение».
Научные интересы: психолого-физиологические аспекты управления персоналом в технологических процессах (в частности, в технологии порошковой металлургии и композиционных материалов), моделирование процессов поведения и принятия решений в разных производственных ситуациях. Автор 6 печатных работ, лауреат региональных конкурсов НИРС и выставки «МетМаш.Станкоинструмент-2006».

ТРОФИМОВ Антон Викторович (р.1985), соискатель научного звания по кафедры «Технология конструкционных материалов». Окончил ДГТУ (2007) по специальности «Технология литейного производства».
Научные интересы: новые методы литья и композиционные материалы, моделирование и информационные технологии в технике.
Автор 4 печатных работ.